



Extension de la datation par thermoluminescence à une retombée trachy-andésitique rapportée au Puy de Pariou (Chaîne des Puys, France).

Jean-Paul Raynal, Didier Miallier, Gérard Vernet, Jean Fain, Guy Camus, Michèle Montret, Jean-Pierre Daugas, Serge Sanzelle

► To cite this version:

Jean-Paul Raynal, Didier Miallier, Gérard Vernet, Jean Fain, Guy Camus, et al.. Extension de la datation par thermoluminescence à une retombée trachy-andésitique rapportée au Puy de Pariou (Chaîne des Puys, France).. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1989, tome 308, série II, pp.1547-1552. halshs-00004329

HAL Id: halshs-00004329

<https://shs.hal.science/halshs-00004329>

Submitted on 30 Jul 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Téphrostratigraphie - Extension de la datation par thermoluminescence à une retombée trachy-andésitique rapportée au Puy de Pariou (Chaîne des Puys, France).

Note de Jean-Paul RAYNAL, Didier MIALLIER, Gérard VERNET, Jean FAIN, Guy CAMUS, Michèle MONTRET, Jean-Pierre DAUGAS, Serge SANZELLE.

Tephrostratigraphy - Extent of thermoluminescence dating to a trachy-andesitic ash-fall supposed to belong to the Puy de Pariou volcano (Chaîne des Puys, France).

Résumé : Une retombée trachy-andésitique attribuée au Puy de Pariou est datée par thermoluminescence : Cler TL 114 = 8700 ± 900 avant 1980. Cette date, la première obtenue sur de telles tephra, fixe directement l'âge récent d'un épisode éruptif de ce volcan, confirmant les attributions chronologiques précédentes. La thermoluminescence est désormais un outil téphrostratigraphique à vaste champ d'application.

Abstract : A trachy-andesitic ash-fall attributed to the Puy de Pariou volcano is dated by TL : Cler TL 114 = 8700 ± 900 before 1980. This date, the first obtained on such tephra, gives a direct age for an eruption of this volcano and confirms the previous datings. Thus, TL is a wide range tephrostratigraphic tool.

J.P.R., G.V., Université de Bordeaux 1, Institut du Quaternaire, URA 133 CNRS, Avenue des Facultés, 33405 Talence cedex.

D.M., J.F., M.M., S.S., Université de Clermont II, Laboratoire de Physique Corpusculaire - IN2P3, 63177 Aubière cedex.

G.C., Centre de Volcanologie, Université de Clermont II, rue Kessler, 63000 Clermont-Ferrand.

J.P.D., Direction des Antiquités Préhistoriques d'Auvergne, Hôtel de Chazerat, 4 rue Pascal, 63000 Clermont-Ferrand et URA 133 CNRS.

Abridged english version - Tephra interbedded in sedimentary series are precious stratigraphic indicators which can be directly dated by TL 1.1,2.1. We present an extent of our method previously applied to maar deposits 1.3,4,5,6.1. Ashes supposed to belong to the Puy de Pariou volcano have been chosen 1.7,8,9.1 and studied at Chamalières (Descartes street).

1 - STRATIGRAPHY - One can distinguish, from bottom to the top :

Layer 1 : periglacial slope deposits.

Layer 2 : fine gray bedded ashes with small fragments of basement, high ratio of Magnetite (65%), with green Augite (50.5%), brown Hornblende (37.5%), brown Augite (7.5%), Olivine (3.5%), Apatite and Zircon (1%).

Layer 3 : coarse black scoria.

Layer 4 : fine gray bedded ashes, then coarse scoria with fine beds.

Layer 5 : channel of stratified pink sands or dark grey sands rich in scoria.

Layer 6 : grey sandy colluviums reworking tephra.

Layer 7 : clayish and sandy colluviums with fragments of recent pottery near the top. The bottom has yielded pollens (1) that indicate an environment highly transformed by human activities and dated from the last century 1.10,11.1.

2 - DO LAYER 2 TEPHRA BELONG TO THE PUY DE PARIOU ?

2.1 - THE AGE OF PARIOU VOLCANOE - Lavas from Pariou volcano are directly dated by TL of 8180 ± 810 before 1980 1.12.1 and fossilize alluviums containing fossil woods dated of 8580 ± 350 BP 1.13.1.

2.2 - GEOCHEMISTRY - Statistical treatment of geochemical data (2) provided by ashes from the Clermont basin and the Limagne (3,4) 1.9,14,15,16.1, compared to those from volcanoes 1.8,15.1, separates tephra observed in the Chamalières area and supposed to belong to Pariou volcano from that described in High Forez and correlated with Nugère volcano 1.17.1 which is older 1.12.1. Nevertheless, they all refer to trachy-andesites in the french sense.

2.3 - MINERALOGY - Heavy minerals study is unable to distinguish between tephra from the Pariou and La Nugère volcanoes. Thus, a direct TL date of tephra from layer 2 at Rue Descartes is the only way to confirm that they originate from the Puy de Pariou.

3 - TL DATING -

3.1 - PALEODOSE DETERMINATION - The sample was taken out of layer 2. It showed numerous xenolithic minerals (quartz and feldspars) mixed with lapilli of micrometric size. The paleodose was measured by the quartz inclusion method 1.18.1. Quartz was separated by standard routines (specially magnetic separation) and etched for one hour with concentrated hydrofluoric acid. TL readings were performed with a heating rate of $5 \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ and with a blue filter (Leitz BG12). In order to overcome the observed scattering of the TL measurements, we used the granulometric fraction 500-1000 μm , recrushed to 63-100 μm . The paleodose is obtained by the classic additive method 1.19.1 (figure 1) and is found to be $Q = 31,8 \pm 1,5 \text{ Gy}$. A good plateau was obtained (figure 2).

3.2 - DOSIMETRY - The annual gamma-ray dose was measured by a four-channel- gamma-ray spectrometer 1.20.1 and found equal to $D = 1,28 \pm 0,04 \text{ mGy/year}$. The cosmic ray annual dose was calculated from the depth of the sample 1.21.1. The annual beta dose was obtained using flame spectrometry for 40K 1.22.1 ($D(40\text{K}) = 1,37 \pm 0,02 \text{ mGy/year}$) and by using α -counting for U and Th series ($D(\text{U,Th}) = 0,45 \pm 0,04 \text{ mGy/year}$). Corrections were made for water content assuming a value of $15 \pm 5 \%$, for irradiation (corrective coefficient $h = 0,97 \pm 0,01$) and for irradiation ($h = 0,85 \pm 0,05$). When applying the quartz inclusion method, the radioactive content of quartz is usually supposed to be nil. Actually, this is not always true 1.23.1. We performed an α -counting on the separated quartz, and found an internal α -dose $D = 6,33 \pm 0,27 \text{ mGy/year}$. The corresponding equivalent α -dose was calculated assuming an alpha efficiency of $10 \pm 4 \%$.

3.3 - TL AGE - The total annual dose is $D_a = 3,66 \pm 0,28 \text{ mGy/y}$, and we find TL Age = $Q/D_a = 8700 \pm 800$ years. The above quoted error only includes inaccuracy of measurements. An arbitrary

value of 5% is quadratically added, taking into account possible systematic errors (water washing of soil, radioactive disequilibrium...). The final results is Cler TL 114 = 8700 ± 900 years before 1980.

4 - CONCLUSION - This age agrees with the TL date of the Pariou lava flow. Tephra of various petrography can now provide TL dates. On the continent, this is particularly useful for long distances correlations (the mineralogic facies is not always isochronous) and of great interest for the study of the Massif Central Prehistory (5).

Version française - Les tephra intercalées dans les séries sédimentaires sont de précieux repères stratigraphiques dans un large périmètre autour des zones éruptives. Actuellement, seule la thermoluminescence permet leur datation directe. Peu de tentatives ont cependant été conduites, en Amérique du Nord I.1.I et au Japon I.2.I. Nous proposons ici d'étendre notre technique appliquée auparavant aux dépôts de maars I.3,4,5,6.I. Les retombées de la cuvette clermontoise, au pied de la Chaîne des Puys, ont été choisies. Certaines présentent un faciès généralement rapporté au Puy de Pariou I.7,8,9.I sur des arguments discutés infra. Les dépôts étudiés sont situés rue Descartes à Chamalières.

1 - STRATIGRAPHIE - Elle est la suivante, de bas en haut :

Couche 1 : dépôt de pente soliflué à fragments anguleux de calcaires oligocènes.

Couche 2 : tephra fines litées gris clair, à petits fragments de socle abondants, riches en Magnétite (65%), avec Augite verte (50,5%), Hornblende brune (37,5%), Augite brune (7,5%), Olivine (3,5%), Apatite et Zircon (1,0%).

Couche 3 : tephra grossières à scories noires.

Couche 4 : à la base tephra fines litées grises à fragments de socle, puis grossières à scories avec quelques passées fines vers le sommet.

Couche 5 : chenal de ravinement comblé par des sables stratifiés beiges à éléments de socle et de marno-calcaires dominants, ou gris noirs riches en scories.

Couche 6 : colluvions sableuses grises remaniant des tephra.

Couche 7 : colluvions argilo-sableuses contenant des vestiges céramiques modernes dans le quart supérieur. La base a livré une palynoflore dominée par *Pinus sylvestris* (63%), accompagné de *Quercus* à feuillage caduque (4%), *Picea* (1%), *Abies* (2%), *Fagus*, *Betula* et *Tilia* (1). Des spectres semblables ont été signalés, évoquant un paysage anthropisé au siècle dernier I.10,11.I.

Couche 8 : remblais modernes.

2 - ATTRIBUTION DE LA RETOMBEE DE LA COUCHE 2 AU PARIOU -

2.1 - L'AGE DU PARIOU - Ses laves, datées directement par TL de 8180 ± 810 avant 1980 I.12.I, fossilisent des alluvions à bois fossiles datés de 8580 ± 350 BP par le radiocarbone I.13.I. Le Pariou n'est affecté par aucun des recouvrements trachytiques situés par le radiocarbone entre 10000 et 8000 BP environ I.8.I.

2.2 - GEOCHIMIE - Le traitement statistique (2) des données géochimiques des retombées de la cuvette de Clermont et de Limagne (3,4) I.9,14,15,16.I comparées à celles des Puys I.8,15.I, regroupe les diverses retombées observées dans le secteur de Chamalières et attribuées au Pariou et les différencie nettement de celle du Haut Forez rapportée au Puy de la Nugère I.17.I. Toutes restent cependant dans les limites de variation des trachy-andésites.

2.3 - MINERALOGIE - Les minéraux lourds ne permettent pas de distinguer avec certitude entre les tephra attribuées au Puy de Pariou et celles du Puy de la Nugère.

Le faciès et la composition géochimique de la retombée de la couche 2 suggèrent une attribution au Puy de Pariou qui ne peut être définitivement établie que par une datation directe, les attributions chronostratigraphiques indirectes I.6,9.I restant trop imprécises.

3 - MISE EN OEUVRE DE LA DATATION PAR THERMOLUMINESCENCE -

3.1 - DETERMINATION DE LA PALEODOSE - L'échantillon à dater a été prélevé dans le niveau 2, épais de quelques centimètres, de granulométrie fine, présentant d'assez nombreux éléments xénolithiques (quartz et feldspaths entre autres) mélangés à des lapilli millimétriques.

La procédure employée a été celle dite "des inclusions de quartz" I.18.I. Ce dernier a été isolé par une suite de manipulations classiques :

- sélection de deux fractions granulométriques par tamisage (100-200 et 500-1000 μm),
- séparation grossière, avec un aimant tenu à la main, de la plus grande partie de la Magnétite,
- attaque à l'acide fluorhydrique concentré, pendant une heure (élimination des feldspaths et attaque superficielle des quartz),
- séparation des éléments lourds au bromophorme,
- nouvelle séparation magnétique au séparateur Frantz.

Les lectures TL ont été effectuées avec l'appareillage développé au Laboratoire de Physique Corpusculaire de Clermont. Ont été utilisés : un taux de chauffe de 5°C/s et un filtre Leitz BG12 (maximum de transmission à 400 nm) pour éliminer le bruit de fond thermique.

La fraction 100-200 μm , testée la première, a montré une grande dispersion en forme et en intensité des réponses TL, attribuable a priori à une importante hétérogénéité des quartz de l'échantillon.

Pour surmonter ce problème, la fraction 500-1000 μm a été rebroyée et la granulométrie 63-100 μm retenue, assurant ainsi par la dimension moindre des grains une plus grande homogénéité d'un échantillon à l'autre. La reproductibilité a ainsi été améliorée.

La paléodose Q a été obtenue par la méthode classique des doses artificielles additionnelles I.19.I et a été trouvée égale (figure 1) à $31,8 \pm 1,5$ Gy, les doses artificielles étant délivrées par un irradiateur (^{137}Cs) avec un débit de dose de 144 Gy/h.

Le "test du plateau" s'est montré satisfaisant sur le domaine de température 320-370 $^\circ\text{C}$ (figure 2).

3.2 - DOSIMETRIE -

3.2.1 - IRRADIATION GAMMA ET COSMIQUE - La dose annuelle D due à l'irradiation a été mesurée in situ à l'aide d'un spectromètre de terrain à quatre canaux NUTMAK-HARWELL, étalonné dans les conditions définies précédemment I.20.I : $D = 1,28 \pm 0,04$ mGy/an. La dose cosmique D_c a été calculée d'après la profondeur dans le sol de l'échantillon I.21.I : $D_c = 0,15 \pm 0,02$ mGy/an.

3.2.2 - IRRADIATION INTERNE A L'ECHANTILLON - La contribution à la dose annuelle B de 40K contenu dans l'échantillon est évaluée d'après la concentration en K20 I.22.I mesurée par spectrométrie de flamme, qui a été trouvée égale à 2,68%. Une correction par un facteur 0,74 est appliquée pour prendre en compte l'absorption des B dans les grains de quartz et on a : $DB (K20) = 1,37 \pm 0,02$ mGy/an. La contribution des familles de l'uranium et du thorium est évaluée d'après comptage alpha, mené sur l'ensemble de l'échantillon finement rebroyé. Là encore, un coefficient d'absorption (0,635) doit être appliqué et on trouve : $DB (U,Th) = 0,45 \pm 0,04$ mGy/an.

3.2.3 - INFLUENCE DE L'HUMIDITE - Les chiffres précédents sont valables pour un milieu sec. Ils doivent être corrigés en fonction du taux d'humidité. Celui-ci a été considéré égal à $15 \pm 5\%$, la marge d'erreur relativement importante prenant en compte d'éventuelles variations dans le passé. Cela conduit aux corrections suivantes :

- sur la dose : facteur $h = 0,97 \pm 0,01$,
- sur la dose B : facteur $hB = 0,85 \pm 0,05$.

3.2.4 - CONTRIBUTION INTERNE AU QUARTZ - Usuellement, la méthode des inclusions de quartz suppose celles-ci exemptes de toute radioactivité. Cette condition n'est pas toujours remplie I.23.I. Dans notre cas, un comptage a été effectué sur le quartz séparé, conduisant à une dose interne non négligeable : $D = 6,35 \pm 0,27$ mGy/an. D doit être multipliée par un coefficient d'efficacité que nous avons pris ici égal à $10 \pm 4\%$. D'autre part, l'activité interne du quartz induit un surplus de dose B dû à l'uranium et au thorium : $D'B (U,Th) = 0,09$ mGy/an.

3.3 - AGE TL -

$$Da = h D + Dc + h (D (K20) + D (U,Th)) + D' (U,Th) + D$$

$$Da = 3,66 \pm 0,28 \text{ mGy/an}$$

et on trouve

$$\text{Age TL} = Q/Da = 8700 \pm 800 \text{ ans.}$$

L'erreur portée ici correspond à l'incertitude sur les mesures. Nous y ajouterons quadratiquement 5% pour prendre en compte d'éventuelles erreurs systématiques (lessivage, déséquilibre radioactif...). Le résultat final est : Cler TL 114 = 8700 ± 900 avant 1980.

4 - CONCLUSION - L'âge obtenu est en bon accord avec la date TL de la coulée du Pariou. On retiendra donc que l'on sait aujourd'hui dater directement par thermoluminescence des tephra de nature pétrographique variée ; les applications dans le domaine des corrélations continentales à grandes distances et pour la Préhistoire régionale en sont évidentes (5).

Notes :

(1) Analyse L. MARAMBAT.

(2) Analyse T. BULLE.

(3) Travaux J.P. RAYNAL, J.P. DAUGAS, H. PELLETIER.

(4) Analyses J. SERANGE, S. COUTURIE et F. CANTAGREL.

(5) Travaux dans le cadre de l'ATP CNRS "Approches nouvelles en Archéologie".

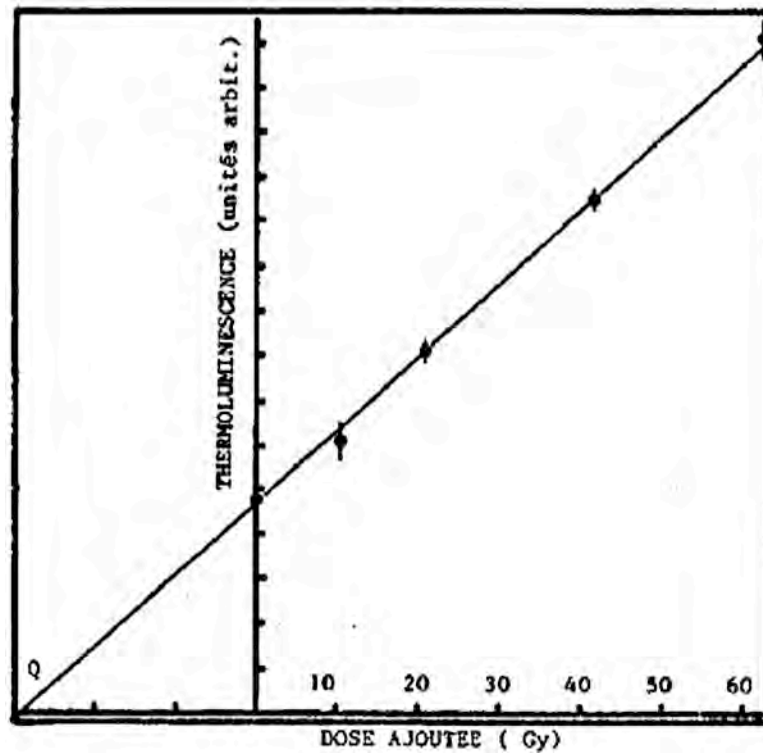


Figure 1 : Courbe de croissance de la TL fonction de la dose d'irradiation ajoutée au quartz en laboratoire. L'extrapolation de cette courbe, qui apparaît linéaire, permet de calculer la "paléodose" Q. *Build-up of curve of TL as a function of the artificially added radiation dose. The extrapolation of this curve which appears to be linear, allows the calculation of the palaeodose Q.*

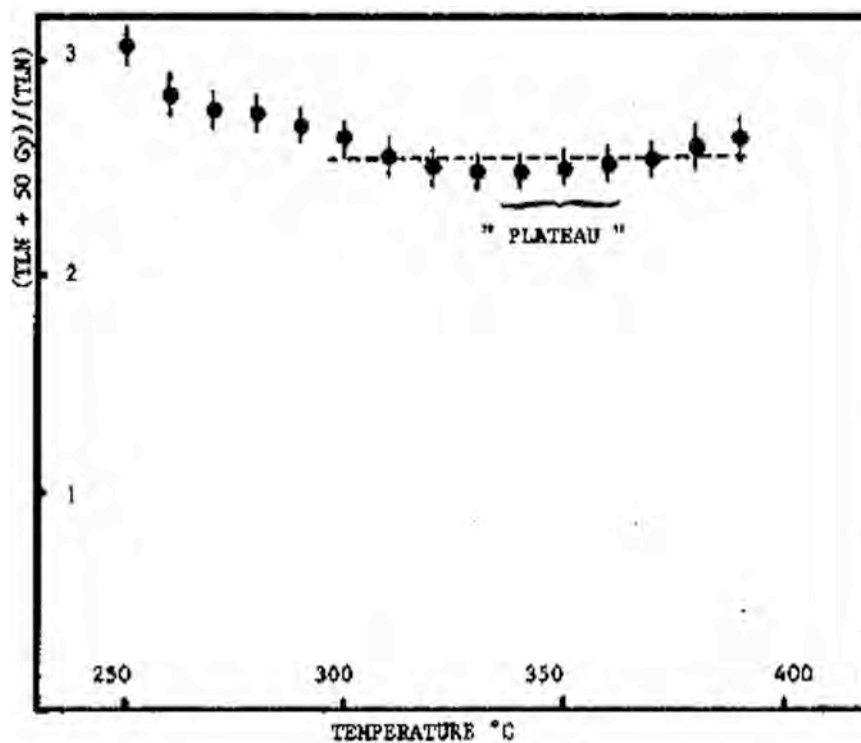


Figure 2 : Exemple de "test du plateau" (rapport entre les courbes de TL), montrant l'homothétie entre le signal de TL naturelle (TLN) et le signal de TL induite (TLN + 50 Gy) dans le domaine 310-390°C. Les courbes sont donc comparables et le calcul de la paléodose est possible. *Example of the "plateau-test", which gives the ratio between the induced TL glow curve (TLN + 50 Gy) and the natural one (TLN). The curves are homothetic and their comparison is valid.*

Références :

- I.1.I BERGER G.W. (1985), *J. Volc. Geotherm. Res.*, 25, p. 333-347.
- I.2.I TOKAMIYA H. and NISHIMURA S. (1986), *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, 11, n°s 4/5, p. 251-257.
- I.3.I MIALLIER D. (1982), *L'usage des détecteurs solides de traces dans le cadre de la datation par thermoluminescence*, Thèse n° 711, Clermont II, 107 p.
- I.4.I RAYNAL J.P., DAUGAS J.P., PAQUEREAU M.M., MIALLIER D., FAIN J., SANZELLE S. (1982), *C.R. Acad. Sc. Paris*, 295, série II, p. 1011-1014.
- I.5.I MIALLIER D., FAIN J., SANZELLE S., DAUGAS J.P., RAYNAL J.P. (1983), *PACT*, 9, p. 487-498.
- I.6.I RAYNAL J.P., PAQUEREAU M.M., DAUGAS J.P., MIALLIER D., FAIN J., SANZELLE S. (1985), *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 4, p. 183-207.
- I.7.I BAUDRY D. et CAMUS G. (1972), *Bulletin du BRGM*, 2è série, n°2, p. 1-53.
- I.8.I CAMUS G. (1975), *La Chaîne des Puys. Etude structurale et volcanologique*, Thèse n° 56, Clermont II, 322 p.
- I.9.I RAYNAL J.P., DAUGAS J.P., PELLETIER H. (1979), *Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon*, 17, suppl., p. 87-95.
- I.10.I REILLE M. (1987), *Revue du Gévaudan, des Causses et des Cévennes*, 2, p. 17-25.
- I.11.I DE BEAULIEU J.L., PONS A., REILLE M. (1988), *Palynologie, Ecologie, Paléoécologie*, Travaux de la Section Scientifique et Technique, Institut français de Pondichéry, XXV, p. 27-32.
- I.12.I GUERIN G. (1983), *Thermoluminescence des plagioclases. Méthode de datation du volcanisme. Application au domaine volcanique français : Chaîne des Puys, Mont Dore et Cézallier, Bas Vivarais*, Thèse, Université Paris VI.
- I.13.I PELLETIER H. et RUDEL A. (1958), *Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne*, 24, nouvelle série, (1960), p. 117-121.
- I.14.I KROONENBERG S.B., VAN DEN BERG VAN SAPAROE R.M., JONKER A.T.J. (1987), *Geologie en Mijnbouw*, 66, p. 297-311.
- I.15.I GACHON L. (1963), *Contribution à l'étude du Quaternaire récent de la Grande Limagne marno-calcaire : morphogénèse et pédogénèse*, Thèse n° 43, série E, Université de Clermont-Ferrand, 197 p.
- I.16.I PELLETIER H. (1971), *Sur le minéraux lourds transparents des alluvions anciennes et récentes de la Limagne d'Auvergne*, Thèse, Université de Clermont, 76 p.
- I.17.I ETLICHER B., JANSSEN C.R., JUVIGNE E., VAN LEEUWEN J.F.N. (1987) - *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 4, p. 229-239.
- I.18.I FLEMING S.J. (1970), *Archaeometry*, 12, p. 135-146.
- I.19.I AITKEN M.J. (1985), *Thermoluminescence Dating*, London, Academic Press, 360 p.
- I.20.I SANZELLE S. et al (1988), *Rapport interne*, PCCF 88-09.
- I.21.I PRESCOTT J.P. and HUTTON J.D. (1988), *Nuclear Tracks and radiations measurements*, 14, p. 223-227.
- I.22.I BELL W.T. (1977), *Archaeometry*, 19, p. 99-100.
- I.23.I MEJDAHL V. (1987), *Ancient TL*, 5, n°2, p. 10-17